

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-372626

(P 2 0 0 2 - 3 7 2 6 2 6 A)

(43) 公開日 平成14年12月26日 (2002. 12. 26)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード [*] (参考)
G02B 5/30		G02B 5/30	2H049
3/00		3/00	A 2H052
5/18		5/18	2H088
19/00		19/00	5C058
G02F 1/13	505	G02F 1/13	505

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全12頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-181134 (P 2001-181134)

(22) 出願日 平成13年 6 月 15 日 (2001. 6. 15)

(71) 出願人 000006079
 ミノルタ株式会社
 大阪府大阪市中央区安土町二丁目 3 番 13 号
 大阪国際ビル
 (72) 発明者 石原 淳
 大阪市中央区安土町二丁目 3 番 13 号 大阪
 国際ビル ミノルタ株式会社内
 (72) 発明者 澤井 靖昌
 大阪市中央区安土町二丁目 3 番 13 号 大阪
 国際ビル ミノルタ株式会社内
 (74) 代理人 100085501
 弁理士 佐野 静夫 (外 1 名)

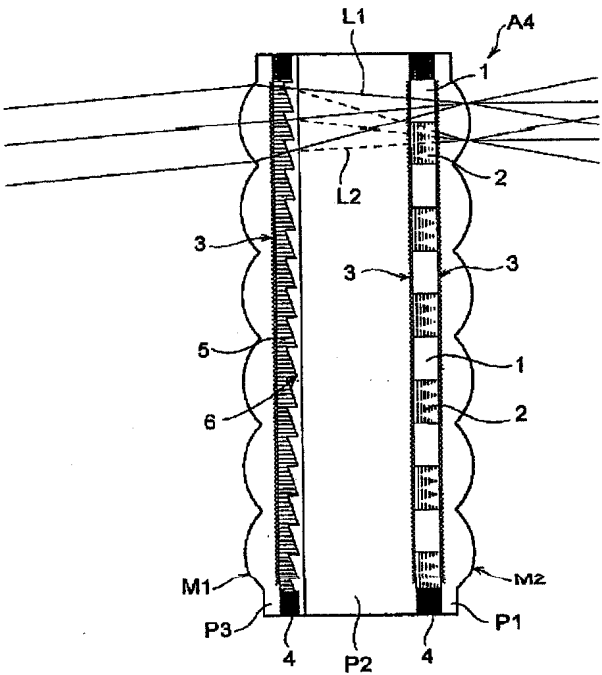
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 偏光変換素子とそれを用いた表示装置

(57) 【要約】

【課題】 製造容易で安価な偏光変換素子、光利用効率の高い照明光学系、及び表示画像の明るい表示装置を提供する。

【解決手段】 第 1 直線偏光 (L1) を入射させる第 1 領域と、第 1 直線偏光 (L1) とは偏光状態の異なる第 2 直線偏光 (L2) を入射させる第 2 領域とを有する。第 1 領域は光学的に等方な透明樹脂 (1) から成り、第 2 領域はツイストしたネマチック液晶 (2) から成る。第 1 領域では第 1 直線偏光 (L1) の偏光状態を変化させず、第 2 領域では第 2 直線偏光 (L2) の偏光状態を第 1 直線偏光 (L1) と同じ偏光状態に変化させる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1直線偏光を入射させる第1領域と、前記第1直線偏光とは偏光状態の異なる第2直線偏光を入射させる第2領域と、を有し、前記第1領域では前記第1直線偏光の偏光状態を変化させず、前記第2領域では前記第2直線偏光の偏光状態を前記第1直線偏光と同じ偏光状態に変化させる偏光変換素子であって、前記第1領域が光学的に等方な透明樹脂から成り、前記第2領域がツイストしたネマチック液晶から成ることを特徴とする偏光変換素子。

【請求項2】 さらに2枚の透明基板を備え、その透明基板間に前記透明樹脂及びネマチック液晶が配置されており、前記透明基板の少なくとも前記ネマチック液晶と接する面には、その液晶分子を所定方向に配向させる配向処理が施されていることを特徴とする請求項1記載の偏光変換素子。

【請求項3】 前記透明樹脂が熱硬化型樹脂又は紫外線硬化型樹脂であることを特徴とする請求項1又は請求項2記載の偏光変換素子。

【請求項4】 前記透明基板の少なくとも一方にレンズアレイが形成されていることを特徴とする請求項2又は請求項3記載の偏光変換素子。

【請求項5】 さらに入射光を前記第1直線偏光と前記第2直線偏光とに分離する偏光分離構造を有することを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載の偏光変換素子。

【請求項6】 ランダム偏光を発する光源と、その光源からのランダム偏光を入射光として偏光変換を行う請求項5記載の偏光変換素子と、を有することを特徴とする照明光学系。

【請求項7】 請求項6記載の照明光学系と、その照明光学系から射出した直線偏光を変調することにより画像表示を行うライトバルブと、を有することを特徴とする表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は偏光変換素子とそれを用いた表示装置に関するものであり、更に詳しくは、ランダム偏光を偏光状態の揃った直線偏光に変換するために、特定の直線偏光の偏光状態を変化させる偏光変換素子、その偏光変換素子を用いた照明光学系及び表示装置(液晶プロジェクタ等)に関するものである。

【0002】

【従来の技術】液晶パネルのように特定偏光の光変調により画像表示を行うライトバルブでは、特定偏光以外の照明光は入射側偏光板で吸収されるため、照明光がランダム偏光の場合にはその約半分が光量損失となる。この問題を解決して光利用効率を向上させるために、偏光分離と偏光回転により偏光変換を行う照明光学系が各種提案されている(特開2000-171754号公報

等)。偏光分離に用いられる光学素子としてはPBS(Polarizing Beam Splitter)プリズム、PBSアレイ、マイクロプリズムアレイ、複屈折DOE(Diffractive Optical Element)等が挙げられ、偏光回転に用いられる光学素子としては1/2波長板、TN(Twisted Nematic)液晶等が挙げられる。

【0003】ランダム偏光は偏光分離において偏波面(すなわち電気ベクトルの振動面)が互いに直交する2種類の直線偏光に分離され、一方の直線偏光は偏光回転によりその偏波面が回転して他方の直線偏光と同じ偏光状態となる。この偏光変換により、偏波面が揃った直線偏光のみを入射側偏光板に入射させることができる。したがって、入射側偏光板による光量損失はほとんどなくなり、ライトバルブに対して光利用効率の高い照明が達成可能となる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記偏光変換においては、偏光分離された2種類の直線偏光のうちの一方についてのみ偏光回転を行う必要がある。したがって、1/2波長板で偏光回転を行う場合には、1/2波長板をストライプ状に加工して基板に貼り付ける作業が必要となり、TN液晶で偏光回転を行う場合には、液晶に電圧を印加するための透明電極をストライプ状にパターンニングする作業が必要となる。これらの作業には、高い位置精度が要求されるとともに手間がかかるため、コストアップを招くという問題がある。

【0005】本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであって、製造容易で安価な偏光変換素子、光利用効率の高い照明光学系、及び表示画像の明るい表示装置を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、第1の発明の偏光変換素子は、第1直線偏光を入射させる第1領域と、前記第1直線偏光とは偏光状態の異なる第2直線偏光を入射させる第2領域と、を有し、前記第1領域では前記第1直線偏光の偏光状態を変化させず、前記第2領域では前記第2直線偏光の偏光状態を前記第1直線偏光と同じ偏光状態に変化させる偏光変換素子であって、前記第1領域が光学的に等方な透明樹脂から成り、前記第2領域がツイストしたネマチック液晶から成ることを特徴とする。

【0007】第2の発明の偏光変換素子は、上記第1の発明の構成において、さらに2枚の透明基板を備え、その透明基板間に前記透明樹脂及びネマチック液晶が配置されており、前記透明基板の少なくとも前記ネマチック液晶と接する面には、その液晶分子を所定方向に配向させる配向処理が施されていることを特徴とする。

【0008】第3の発明の偏光変換素子は、上記第1又は第2の発明の構成において、前記透明樹脂が熱硬化型樹脂又は紫外線硬化型樹脂であることを特徴とする。

【0009】第4の発明の偏光変換素子は、上記第2又は第3の発明の構成において、前記透明基板の少なくとも一方にレンズアレイが形成されていることを特徴とする。

【0010】第5の発明の偏光変換素子は、上記第1～第4のいずれか一つの発明の構成において、さらに入射光を前記第1直線偏光と前記第2直線偏光とに分離する偏光分離構造を有することを特徴とする。

【0011】第6の発明の照明光学系は、ランダム偏光を発する光源と、その光源からのランダム偏光を入射光として偏光変換を行う上記第5の発明に係る偏光変換素子と、を有することを特徴とする。

【0012】第7の発明の表示装置は、上記第6の発明に係る照明光学系と、その照明光学系から射出した直線偏光を変調することにより画像表示を行うライトバルブと、を有することを特徴とする。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明を実施した偏光変換素子、それを用いた照明光学系及び表示装置を、図面を参照しつつ説明する。なお、実施の形態等の相互で同一の部分や相当する部分には同一の符号を付して重複説明を適宜省略する。

【0014】図1～図9に、本発明を実施した偏光変換素子(A1～A9)をそれぞれ断面的に示す。図1～図9に示す偏光変換素子(A1～A9)は、2枚の透明基板(P1, P2)、光学的に等方な透明樹脂(1)、ツイストしたネマチック液晶(すなわちTN液晶、2)、配向膜(3)、シール部(4)等を主な構成要素とする偏光回転構造を有しており、図4～図9に示す偏光変換素子(A4～A9)は、ホモジニアス配向したネマチック液晶(5)、回折光学素子(6)等を主な構成要素とする偏光分離構造を更に有している。また、図3に示す偏光変換素子(A3)はインテグレート構造の一部を成す第2レンズアレイ(M2)を備えており、図4～図9に示す偏光変換素子(A4～A9)はインテグレート構造を構成する第1、第2レンズアレイ(M1, M2)を備えている。

【0015】まず、図1～図9に示す偏光変換素子(A1～A9)が具備する偏光回転構造を説明する。上記偏光回転構造は、偏波面が互いに直交する2種類の直線偏光をそれぞれ入射させる2種類の領域を有している。2種類の領域とは、透明樹脂(1)から成る第1領域(偏光非回転領域)と、ネマチック液晶(2)から成る第2領域(偏光回転領域)である。そして図4～図9に示すように、第1領域には第1直線偏光(L1)が入射し、第2領域には第1直線偏光(L1)とは偏光状態の異なる(つまり偏波面が直交する)第2直線偏光(L2)が入射する(図1～図3の偏光変換素子(A1～A3)についても同様である。)。第1領域は光学的に等方な透明樹脂(1)から成っているため、第1直線偏光(L1)は第1領域を通過してもその偏光状態は変化しない。これに対し、第2領域はツイスト配向した

ネマチック液晶(2)から成っているため、第2直線偏光(L2)が第2領域を通過するとその偏光状態が第1直線偏光(L1)と同じ偏光状態に変化する。したがって、偏光変換素子(A1～A9)からは一方向に偏光状態の揃った直線偏光が射出することになる。

【0016】上記偏光回転構造は、一般によく知られているTN液晶型の表示パネルとほぼ同様の工程で容易に作製することができる。そして、2枚の透明基板(P1, P2)間に透明樹脂(1)とネマチック液晶(2)を配置することにより、上記第1、第2領域を構成することができる。透明基板(P1, P2)としては、複屈折の生じないガラス基板を用いることが望ましいが、光学的に等方な透明材料から成るものであればこれに限らない。ただし、ネマチック液晶(2)との接触面を樹脂で構成した場合には、樹脂層と液晶層との境界面に保護コート層(SiO₂等)を形成することが望ましい。また、図1、図2、図5～図9に示すように透明基板(P1, P2)を2枚とも平板で構成してもよく、図3や図4に示すように一方の透明基板(P1)を第2レンズアレイ(M2)と一体化してもよく、図5～図7に示すように一方の透明基板(P1)上に第2レンズアレイ(M2)を樹脂成型してもよい。なお、2枚の透明基板(P1, P2)の外側面(つまり空気と接する面)には、反射防止コーートを施すことが望ましい。

【0017】ネマチック液晶(2)の液晶分子を所定の方向に揃えてツイスト配向させるには、2枚の透明基板(P1, P2)の対向する2面に配向処理を施せばよい。具体的には、少なくともネマチック液晶(2)と接する基板面に配向膜(3)を形成すればよい。配向膜(3)は、透明基板(P1, P2)上に数十nmの厚さに形成したポリイミド樹脂膜をラビングする(つまり布で一方向に軽く擦ってやる)ことにより得られる。液晶分子はその長軸方向がラビング方向に対して略平行に揃うように配向するため、ラビング方向が直交するように対向する2面の配向膜(3)を形成すれば、ネマチック液晶(2)をツイスト配向させることができる。

【0018】配向膜(3)は、図1に示す偏光変換素子(A1)のように、ネマチック液晶(2)が封入される第2領域(偏光回転領域)に対応した面にさえ形成されていればよく、図2～図9に示す偏光変換素子(A2～A9)のように、第1、第2領域を含む全域に配向膜(3)を形成してももちろん構わない。ただし、配向膜(3)は若干の光吸収特性を有するため第2領域にのみ形成されることが望ましく、また、配向膜(3)の厚さに関しても薄くする方が光吸収がより少なくなるため望ましい。

【0019】配向膜(3)が形成された2枚の透明基板(P1, P2)の一方に、透明樹脂(1)をスクリーン印刷等により塗布すると、その塗布された透明樹脂(1)の部分が第1領域(偏光非回転領域)となる。そして、偏光回転構造の周辺部分に液晶セル形成用のシール部(4)を設け、2枚の透明基板(P1, P2)を貼り合わせると、シール部(4)と透

明樹脂(1)との間に空間が形成される。その空間にネマチック液晶(2)を封入すると、封入されたネマチック液晶(2)の部分が第2領域(偏光回転領域)となる。透明樹脂(1)やシール部(4)の材料としては、熱硬化型樹脂、紫外線硬化型樹脂等が挙げられる。なお、透明樹脂(1)とシール部(4)と同じ材料を用いてもよく、異なる材料を用いてもよい。

【0020】透明基板(P1,P2)間の距離、つまりネマチック液晶(2)の層厚み(セルギャップ)に関しては、ネマチック液晶(2)の常光屈折率と異常光屈折率との差(Δn)にもよるが、一般的には Δn が0.07程度の場合、7 μ m程度の層厚みにすることで最も効率良く偏光を回転させることができる。望ましくはネマチック液晶(2)の Δn が0.03~0.3程度であればよく、ネマチック液晶(2)の層厚みが5 μ m~30 μ m程度であれば概ね問題はない。

【0021】上記のようにセルギャップを制御するために、透明樹脂(1)、ネマチック液晶(2)、シール部(4)のうちの少なくとも1つに、スペーサ(例えばガラスや樹脂から成る微粒子)を入れておくことが望ましい。そして、透明樹脂(1)やネマチック液晶(2)に投入されるスペーサは、投入される領域の材料と屈折率の近い透明材料から成ることが望ましい。透明樹脂(1)やネマチック液晶(2)の屈折率とスペーサの屈折率とをほぼ等しくすることにより、スペーサでの光の散乱や反射を防ぐことができる。ただし、偏光回転に対する影響をより小さくするために、ネマチック液晶(2)にはスペーサを入れない方が好ましく、透明樹脂(1)のみスペーサを入れる方が好ましい。

【0022】前述したように、偏光変換においては偏光分離された2種類の直線偏光のうちの一方についてのみ偏光回転を行う必要がある。この選択的な偏光回転を行うために、各偏光変換素子(A1~A9)では上述したように、偏光回転を行わない第1領域が光学的に等方な透明樹脂(1)で構成されており、偏光回転を行う第2領域がツイストしたネマチック液晶(2)で構成されている。この構成によると、1/2波長板をストライプ状に加工して貼り付ける作業や透明電極をストライプ状にパターンニングする作業は不要であり、電気的な駆動が必要ないため透明電極も駆動回路も不要である。したがって製造容易であり、低コストでの実現が可能である。また、透明電極を構成する透明導電膜(ITO膜等)は可視光波長域での吸収が若干あるため透過率低下を招くが、透明電極を必要としない偏光変換素子(A1~A9)では高い透過効率で達成される。

【0023】液晶層のみで第1、第2領域を構成しようとしても、各領域で液晶の配向を揃えることは困難である。しかし、偏光変換素子(A1~A9)のように一方を透明樹脂(1)で構成すれば、2つの領域を簡単に得ることができる。また、透明樹脂(1)から成る第1領域を透明基板(P1等)に転写することは、シール部(4)の形成と同様

に、スクリーン印刷等で容易に行うことができる。このため、第1、第2領域の形状を自由に設定することが可能である。つまり、第1、第2領域のパターンニングをストライプ状だけでなく様々な形状(市松模様等)で簡単に行うことが可能である。第1、第2領域のパターンニングを適宜設定することにより偏光変換効率を高めることができ、照明光学系や液晶プロジェクタのコストダウン、部品点数削減等を達成することができる。

【0024】また、照明光学系をコンパクト化するために第1、第2レンズアレイ(M1,M2)のセル構造を微細化していくと、それに応じて第1、第2領域の位置精度を高精度化していく必要が生じる。第1、第2領域のパターンニングは、上述したようにスクリーン印刷等により精度良く行うことができるため、位置ズレによる光量ロスを低減して高い性能を維持することができる。第1レンズアレイ(M1)のレンズセルパターンに具体例を図10、図14、図17に示し、各レンズセルパターンに対応した第1、第2領域パターンを有する偏光変換素子(B1~B7)を図11~図13;図15、図16;図18、図19にそれぞれ示す。

【0025】図10に示す第1レンズアレイ(M1)は、レンズセルが縦横直線的に配置されたレンズセルパターンを有しており、図11~図13に示す偏光変換素子(B1,B2,B3)は、図10に示すレンズセルパターンに対応した第1、第2領域のパターンをそれぞれ有している。これらの偏光変換素子(B1,B2,B3)では、透明樹脂(1)とネマチック液晶(2)とで構成された第1、第2領域が、第1レンズアレイ(M1)のレンズセルパターンと対応するように直線的に形成されている。

【0026】図14に示す第1レンズアレイ(M1)は、レンズセルが互い違いに横方向にずれて配置されたレンズセルパターンを有しており、図15、図16に示す偏光変換素子(B4,B5)は、図14に示すレンズセルパターンに対応した第1、第2領域のパターンをそれぞれ有している。これらの偏光変換素子(B4,B5)では、透明樹脂(1)とネマチック液晶(2)とで構成された第1、第2領域が、第1レンズアレイ(M1)のレンズセルパターンと対応するように市松模様に形成されている。

【0027】図17に示す第1レンズアレイ(M1)は、レンズセルが横方向にランダムにずれて配置されたレンズセルパターンを有しており、図18、図19に示す偏光変換素子(B6,B7)は、図17に示すレンズセルパターンに対応した第1、第2領域のパターンをそれぞれ有している。これらの偏光変換素子(B6,B7)では、透明樹脂(1)とネマチック液晶(2)とで構成された第1、第2領域が、第1レンズアレイ(M1)のレンズセルパターンと対応するようにランダムにずれて形成されている。

【0028】次に、図4~図9に示す偏光変換素子(A4~A9)が具備する偏光分離構造を説明する。この偏光分離構造は、ネマチック液晶(5)と回折光学素子(6)との組

み合わせから成る、いわゆる複屈折DOEの構造をとっている。その複屈折DOEは、図4～図7に示す偏光変換素子(A4～A7)では透明基板(P2, P3)間において構成されており、図8、図9に示す偏光変換素子(A8, A9)では透明基板(P3, P4)間において構成されている。なお、2枚の透明基板(P2, P3; P3, P4)は共に平板でもよく、一方を第1レンズアレイ(M1)と一体化してもよく(図4等)、一方の平板上に第1レンズアレイ(M1)を樹脂成型してもよい(図5等)。

【0029】回折光学素子(6)は、光学的に等方な透明樹脂から成る表面レリーフ型(膜厚変調型)DOEであって、ブレード形状の回折格子面を有している。その回折格子面に隣接するようにネマチック液晶(5)が隙間なく充填されている。そして回折光学素子(6)の回折格子面と対向する面には、前記偏光回転構造と同様の配向膜(3)が設けられており、その配向膜(3)には回折格子面の溝方向に沿ってネマチック液晶(5)がホモジニアス配向するようにラビング処理が施されている。

【0030】回折光学素子(6)の構成材料としては熱可塑性樹脂が望ましい。熱可塑性樹脂としては、例えば、PA(polyamide)、PE(polyethylene)、PS(polystyrene)、PC(polycarbonate)、PVC(polyvinyl chloride)、PMMA(polymethyl methacrylate)、非晶質ポリオレフィン系樹脂等が挙げられる。熱可塑性樹脂は紫外線硬化型樹脂等に比べて材料自体が安価であり、また、回折光学素子(6)の構成材料として熱可塑性樹脂を用いると、射出成形やプレス成型(熱可塑性樹脂シートの表面に金型によるプレスで回折格子を形成すること)が可能になるため、回折光学素子(6)を安価に作製することができる。

【0031】ネマチック液晶(5)は、光学的な異方性を有する複屈折材料であるため、常光に対する屈折率と異常光に対する屈折率とは異なる。したがって、光学的に略等方な回折光学素子(6)との境界に位置する回折格子面が及ぼす回折作用も、常光と異常光とは異なる。各偏光変換素子(A4～A9)では、常光、異常光のうちのいずれか一方に対する屈折率が回折光学素子(6)の屈折率と同じになるように各材料が選択されている。例えば、常光に対するネマチック液晶(5)の屈折率と回折光学素子(6)の屈折率とを同じにした場合、常光が回折作用を受けずに回折格子面を透過し、異常光が回折格子面での回折作用を受けて偏向することになる。逆に、異常光に対するネマチック液晶(5)の屈折率と回折光学素子(6)の屈折率とを同じにした場合、異常光が回折作用を受けずに回折格子面を透過し、常光が回折格子面での回折作用を受けて偏向することになる。したがって、入射光(ランダム偏光)を偏波面が互いに直交する2つの直線偏光、すなわち第1直線偏光(L1、透過光)と第2直線偏光(L2、回折光)とに分離することができる。しかも、回折格子面がブレード形状を成しているため高い回折効率を得

られる。回折格子面での回折効率が高ければ偏光変換効率も高くなるため、光利用効率を向上させることが可能である。

【0032】次に、図3～図9に示す偏光変換素子(A3～A9)が具備するレンズアレイ方式のインテグレート構造を説明する。図3に示す偏光変換素子(A3)では透明基板(P1)の外側面に第2レンズアレイ(M2)が一体的に形成されており、図4に示す偏光変換素子(A4)では透明基板(P1, P3)の各外側面に第2、第1レンズアレイ(M2, M1)がそれぞれ一体的に形成されている。図5、図6に示す偏光変換素子(A5, A6)では透明基板(P1, P3)の各外側面上に第2、第1レンズアレイ(M2, M1)がそれぞれ樹脂成型されており、図7に示す偏光変換素子(A7)では透明基板(P1)の外側面上に第2レンズアレイ(M2)が樹脂成型されており、図8に示す偏光変換素子(A8)では透明基板(P4)の外側面上に第1レンズアレイ(M1)が樹脂成型されている。

【0033】図7、図9に示す偏光変換素子(A7, A9)では素子内において回折光学素子(6)と第1レンズアレイ(M1)とが屈折率の異なる樹脂でそれぞれ2層成型されており、図8、図9に示す偏光変換素子(A8, A9)では素子内において透明基板(P2, P3)間に第2レンズアレイ(M2)が屈折率の異なる樹脂でそれぞれ2層成型されている。また、図6～図8に示す偏光変換素子(A6～A8)では、第1レンズアレイ(M1)に対する第2レンズアレイ(M2)のレンズセル領域を高さの1/4程度だけずらして、垂直入射光が垂直に射出するように構成されている。図9に示す偏光変換素子(A9)では、略垂直入射する光をライトバルブ(例えば液晶パネル)へ集光するため、第2レンズアレイ(M2)の各レンズセルを各々偏芯させることにより、フィールドレンズのパワーを第2レンズアレイ(M2)に持たせている。

【0034】レンズアレイ方式のインテグレート構造は、偏光分離側に配置される第1レンズアレイ(M1)と偏光回転側に配置される第2レンズアレイ(M2)とで構成され、そのインテグレート構造と偏光回転構造との間には、相対的に高い位置精度が求められる。レンズアレイ方式のインテグレート構造を偏光変換素子と一体化すれば、偏光変換光学系を組み立てるときの位置決め誤差を低減して、第1、第2レンズアレイ(M1, M2)と偏光回転構造との高い位置精度を確保することができる。これは偏光変換効率の向上にもつながる。

【0035】またインテグレート構造の一体化により、削減された光学要素の数だけコストダウンを達成することができ、削減された透過面の数だけ反射損も低減することができる。したがって、反射防止コート数が削減されるため、光利用効率のアップや更なるコストダウンを達成することができる。なお、ロッド方式のインテグレート構造との組み合わせで偏光変換を行う場合には、例えば偏光変換素子(A1, A2)において透明基板(P1, P2)の一

方又は両方をリレーレンズ(後述する図26中の25)と一体化することが好ましい。

【0036】次に、レンズアレイ方式のインテグレート構造を備えた照明光学系及び液晶プロジェクタを説明する。図20に偏光分離をPBSプリズム(12A)で行い偏光回転を偏光変換素子(A3)で行う液晶プロジェクタの光学構成を示し、その液晶プロジェクタの偏光変換光学系部分を拡大して図21に示す。この液晶プロジェクタは、光路の順に、ランプ(10)、UV(ultraviolet ray)ーIR(infrared ray)カットフィルター(11)、第1レンズアレイ(M1)、PBSプリズム(12A)、偏光変換素子(A3)、フィールドレンズ(13)、ダイクロイックミラー(DM1, DM2)、ミラー(14A, 14B, 14C)、リレーレンズ(15A, 15B)、コンデンサレンズ(16A, 16B, 16C)、液晶パネル(17A, 17B, 17C)、クロスダイクロイックプリズム(18)及び投影レンズ(19)を備えており、RGBに対応する液晶パネル(17A, 17B, 17C)の表示画像をスクリーンにカラー投影する構成になっている。

【0037】ランプ(10)は、照明光としてランダム偏光を放射する光源(10a)と、光源(10a)からの照明光を略平行光にして所定方向へ光を導くリフレクタ(10b)と、から成っている。ランプ(10)としては例えば、超高圧水銀ランプ、メタルハライドランプ、キセノンランプ等が使用される。ランプ(10)から射出した照明光は、UVーIRカットフィルター(11)を通過した後、第1レンズアレイ(M1)に入射する。第1レンズアレイ(M1)は、液晶パネル(17A, 17B, 17C)と略相似な矩形のレンズセルを2次元のアレイ状に配列して成るものであり、複数のレンズセルで入射光を分割する。そして、第1レンズアレイ(M1)と同様のアレイ構造を有する第2レンズアレイ(M2)上に、複数の2次光源像(I2、図21)を形成する。第1レンズアレイ(M1)の各レンズセルと液晶パネル(17A, 17B, 17C)とは第2レンズアレイ(M2)の各レンズセルを介して共役な関係にあるため、照明光の空間的なエネルギー分布が均一化されて液晶パネル(17A, 17B, 17C)は無駄なく均一に照明される。

【0038】第1レンズアレイ(M1)を射出した照明光は、三角プリズムと平行平板との組み合わせから成るPBSプリズム(12A)に入射する。PBSプリズム(12A)に入射した照明光は、PBSコート面(12a)でS偏光が反射され、PBSコート面(12a)を透過したP偏光が全反射面(12b)で反射される。この偏光分離により、S偏光とP偏光とで2次光源像(I2)の位置に光軸垂直方向のズレが生じることになる。偏波面が互いに直交するP偏光とS偏光とに偏光分離された照明光は、偏光変換素子(A3)に入射して、前述の偏光回転構造により偏光状態が一方向に揃った直線偏光となる。なお、S偏光は第1直線偏光(L1)に相当し、P偏光は第2直線偏光(L2)に相当する。

【0039】偏光変換素子(A3)で偏光変換された照明光

は、フィールドレンズ(13)を通過した後、ダイクロイックミラー(DM1, DM2)で色分解され、ミラー(14A, 14B, 14C)、リレーレンズ(15A, 15B)及びコンデンサレンズ(16A, 16B, 16C)を通過して、液晶パネル(17A, 17B, 17C)を照明する。液晶パネル(17A, 17B, 17C)は、以上の照明光学系から射出した直線偏光を変調することにより画像表示を行う。液晶パネル(17A, 17B, 17C)での光変調により構成された投影光は、クロスダイクロイックプリズム(18)で色合成された後、投影レンズ(19)でスクリーンに投影される。液晶パネル(17A, 17B, 17C)の入射側偏光板は、照明光が透過できるようにその透過軸が偏光方向と一致した配置になっている。このため照明光は効率良く利用され、明るい表示画像を得ることができる。

【0040】上述したプロジェクタでは液晶パネル(17A, 17B, 17C)を用いているが、直線偏光を光変調するものであればどのようなライトバルブや表示パネルを用いても構わない。例えば、TN液晶、STN(Super Twisted Nematic)液晶、強誘電性液晶、垂直配向の液晶等の液晶表示素子、PLZT(PbLaZrTi)やLiNbO₃等の電気光学セラミックスや結晶で構成された表示素子等を使用してもよい。したがって、上述した照明光学系が搭載される表示装置は液晶プロジェクタに限らない。

【0041】図22に、偏光分離を複屈折DOE(12B)で行い偏光回転を偏光変換素子(A1, A2)で行う偏光変換光学系を示す。図22中の光路において、実線が第1直線偏光(L1、電気ベクトルの振動方向が紙面に平行)、破線が第2直線偏光(L2、電気ベクトルの振動方向が紙面に垂直)である。この複屈折DOE(12B)による偏光分離では、第1直線偏光(L1)が回折格子面で回折せずにそのまま複屈折DOE(12B)を透過し、第2直線偏光(L2)が回折格子面での回折により偏向する。そしてこの偏光分離により、第1直線偏光(L1)と第2直線偏光(L2)とで2次光源像(I2)の位置に光軸垂直方向のズレが生じることになる。そして偏光分離された照明光は、偏光変換素子(A1, A2)に入射して、前述の偏光回転構造により偏光状態が一方向に揃った直線偏光となる。

【0042】図23に、偏光分離及び偏光回転を偏光変換素子(A4)で行う液晶プロジェクタの光学構成を示す。この液晶プロジェクタ及び照明光学系では、偏光変換素子(A4)が偏光分離構造、偏光回転構造及びインテグレート構造を有しているため、図20に示すものよりもコンパクトな光学構成になっている。図24に、偏光分離をマイクロプリズムアレイ(12C)で行い偏光回転を偏光変換素子(A3)で行う偏光変換光学系を示し、図25に、偏光分離をPBSアレイ(12D)で行い偏光回転を偏光変換素子(A1, A2)で行う偏光変換光学系を示す。これらの偏光変換光学系において、マイクロプリズムアレイ(12C)は三角プリズムが複数に分割された構成になっており、PBSアレイ(12D)はPBSコート面(12a)や全反射面(12b)が複数に分割された構成になっているが、その基本

構成はいずれも P B S プリズム (12A, 図 2 1) と同様である。

【0043】 P B S アレイ (12D) を用いた偏光変換光学系 (図 2 5) では、図 1 0 に示す第 1 レンズアレイ (M1) やそれに対応したパターンを有する偏光変換素子 (B1~B3, 図 1 1 ~ 図 1 3) を用いるのが好ましい。表示画面の明るさムラを更に低減する場合には、図 1 4 に示す第 1 レンズアレイ (M1) のようにレンズセルを左右方向にずらして、それに対応したパターンを有する偏光変換素子 (B4, B5) を用いるのが好ましい。ただし、そのレンズセルパターンに対応した P B S アレイ (12D) の加工は困難であるため、偏光分離素子としては P B S プリズム (12A), 複屈折 D O E (12B) 又はマイクロプリズムアレイ (12C) を用いることが望ましい。P B S プリズム (12A), 複屈折 D O E (12B) 又はマイクロプリズムアレイ (12C) を用いた偏光変換光学系 (図 2 1, 図 2 2, 図 2 4) では、第 1 レンズアレイ (M1) のレンズセルパターンを自由に変化させることが可能であり、レンズセルパターンを変えても、第 2 レンズアレイ (M2) 近傍に配置される第 1, 第 2 領域のパターンを揃えるだけで対応することができる。

【0044】 次に、ロッド方式のインテグレート構造を備えた照明光学系を説明する。図 2 6 に、偏光分離を複屈折 D O E (12B) で行い偏光回転を偏光変換素子 (A1, A2) で行う照明光学系の光学構成を示す。この照明光学系は、液晶パネル (29) を照明するための液晶プロジェクター用照明光学系であって、光路の順に、ランプ (20), インテグレートロッド (22), 複屈折 D O E (12B), コンデンサーレンズ (24), リレーレンズ (25), 偏光変換素子 (A1, A2), トリミングフィルター (27) 及びフィールドレンズ (28) を備えている。

【0045】 ランプ (20) は、照明光 (ランダム偏光) を発する光源 (20a) と、光源 (20a) からの照明光を集光するリフレクタ (20b) と、から成っている。ランプ (20) から射出した照明光は、インテグレートロッド (22) に入射する。インテグレートロッド (22) は、多角柱形状のガラス体、あるいは複数枚のミラーを組み合わせる中空筒体であり、入射光をその側面で何度も繰り返し反射させることにより、照明光の空間的なエネルギー分布 (すなわち照度分布) を均一化する。インテグレートロッド (22) の射出端面は液晶パネル (29) の表示面と共役な関係にあるため、液晶パネル (29) の表示面を効率良く均一に照明することができる。

【0046】 インテグレートロッド (22) を射出した照明光は、複屈折 D O E (12B) に入射する。複屈折 D O E (12B) は、インテグレートロッド (22) から射出した照明光を、偏波面が互いに直交する P 偏光と S 偏光とに分離する。この偏光分離では、P 偏光が回折格子面で回折せずにそのまま複屈折 D O E (12B) を透過し、S 偏光が回折格子面での回折により偏向する。そしてこの偏光分離により、P 偏光と S 偏光とで結像位置 (すなわち光源像位

置) に光軸垂直方向のズレが生じることになる。複屈折 D O E (12B) を射出した P 偏光と S 偏光は、集光用のコンデンサーレンズ (24) に入射する。

【0047】 コンデンサーレンズ (24) を通過した照明光は、リレーレンズ (25) に入射する。2 枚のリレーレンズ (25) は、インテグレートロッド (22) の射出端面と液晶パネル (29) の表示面とが共役になるように照明光をリレーする。リレーレンズ (25) の絞り位置には偏光変換素子 (A1, A2) が配置されており、偏光変換素子 (A1, A2) に入射した照明光は前述の偏光回転構造により偏光状態が一方向に揃った直線偏光 (P 偏光) となる。なお、P 偏光は第 1 直線偏光 (L1) に相当し、S 偏光は第 2 直線偏光 (L2) に相当する。

【0048】 P 偏光に揃えられた照明光は、リレーレンズ (25) の他に、色純度を上げるためのトリミングフィルター (27) と集光用のフィールドレンズ (28) を通過した後、空間光変調素子である液晶パネル (29) を照明する。液晶パネル (29) の入射側偏光板は P 偏光を透過させる向きに配置されているので、入射側偏光板による光量損失はほとんどなく、液晶パネル (29) に対して光利用効率の高い照明が達成可能となる。

【0049】

【発明の効果】 以上説明したように本発明によれば、製造容易で安価な偏光変換素子を実現することができる。また、その偏光変換素子を用いることにより、光利用効率の高い照明光学系と表示画像の明るい表示装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 偏光変換素子の第 1 の実施の形態を示す断面図。

【図 2】 偏光変換素子の第 2 の実施の形態を示す断面図。

【図 3】 偏光変換素子の第 3 の実施の形態を示す断面図。

【図 4】 偏光変換素子の第 4 の実施の形態を示す断面図。

【図 5】 偏光変換素子の第 5 の実施の形態を示す断面図。

【図 6】 偏光変換素子の第 6 の実施の形態を示す断面図。

【図 7】 偏光変換素子の第 7 の実施の形態を示す断面図。

【図 8】 偏光変換素子の第 8 の実施の形態を示す断面図。

【図 9】 偏光変換素子の第 9 の実施の形態を示す断面図。

【図 10】 第 1 レンズアレイの第 1 の具体例を示す平面図。

【図 11】 偏光変換素子の第 10 の実施の形態を示す平面図。

【図 1 2】 偏光変換素子の第 1 1 の実施の形態を示す平面図。

【図 1 3】 偏光変換素子の第 1 2 の実施の形態を示す平面図。

【図 1 4】 第 1 レンズアレイの第 2 の具体例を示す平面図。

【図 1 5】 偏光変換素子の第 1 3 の実施の形態を示す平面図。

【図 1 6】 偏光変換素子の第 1 4 の実施の形態を示す平面図。

【図 1 7】 第 1 レンズアレイの第 3 の具体例を示す平面図。

【図 1 8】 偏光変換素子の第 1 5 の実施の形態を示す平面図。

【図 1 9】 偏光変換素子の第 1 6 の実施の形態を示す平面図。

【図 2 0】 偏光分離に P B S プリズムを用いた液晶プロジェクトを示す光学断面図。

【図 2 1】 図 2 0 の液晶プロジェクトにおける偏光変換光学系を示す拡大図。

【図 2 2】 偏光分離に複屈折 D O E を用いた照明光学系を示す光学断面図。

【図 2 3】 偏光変換素子が偏光分離・偏光回転構造を有する液晶プロジェクトを示す光学断面図。

【図 2 4】 偏光分離にマイクロプリズムアレイを用いた照明光学系を示す光学断面図。

【図 2 5】 偏光分離に P B S アレイを用いた照明光学系を示す光学断面図。

【図 2 6】 ロッド方式のインテグレート構造を備えた照明光学系を示す光学断面図。

【符号の説明】

A1～A9 … 偏光変換素子

B1～B7 … 偏光変換素子

10 L1 … 第 1 直線偏光

L2 … 第 2 直線偏光

P1～P4 … 透明基板

M1 … 第 1 レンズアレイ

M2 … 第 2 レンズアレイ

1 … 透明樹脂 (第 1 領域)

2 … ツイストしたネマチック液晶 (第 2 領域)

3 … 配向膜

4 … シール部

5 … ホモジニアス配向したネマチック液晶

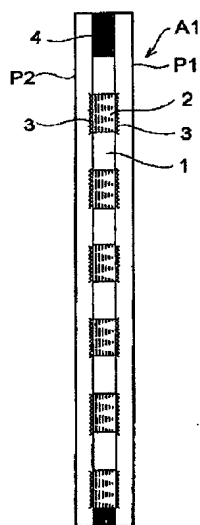
20 6 … 回折光学素子

10, 20 … ランプ

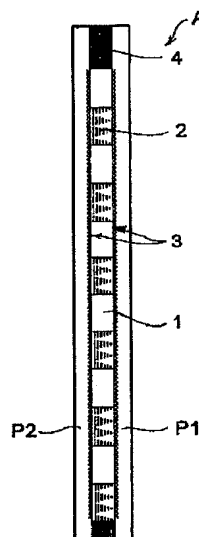
10a, 20a … 光源

17A, 17B, 17C, 29 … 液晶パネル (ライトバルブ)

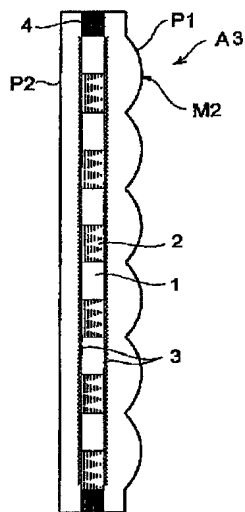
【図 1】



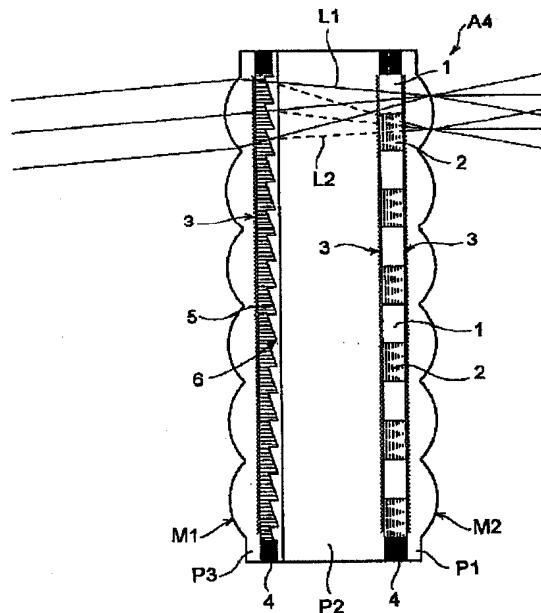
【図 2】



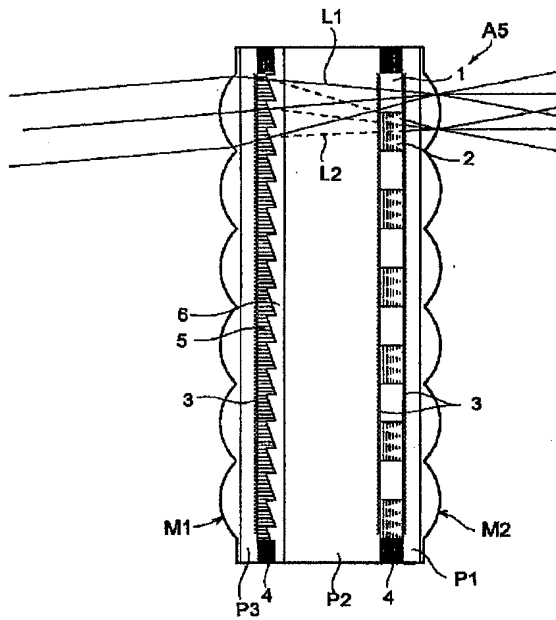
【図 3】



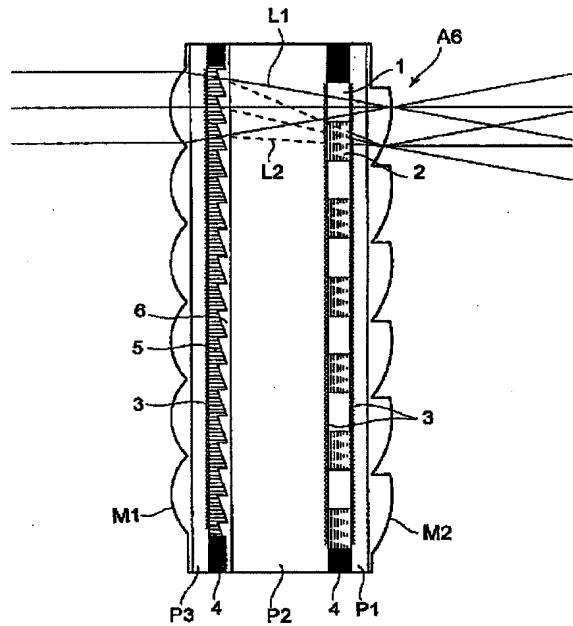
【図 4】



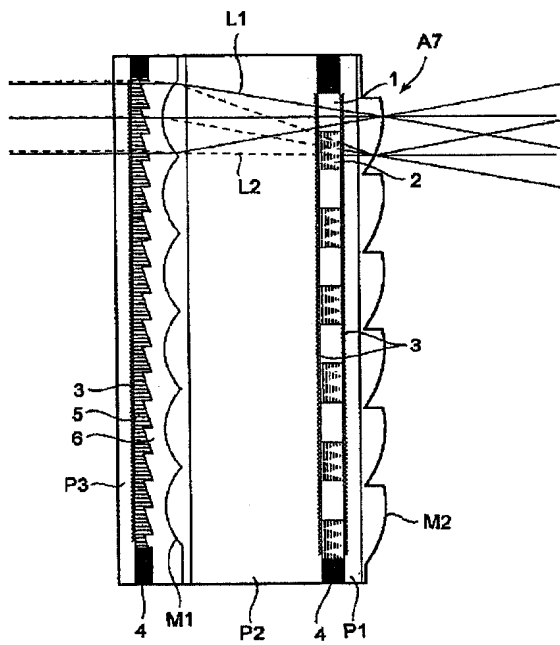
【図 5】



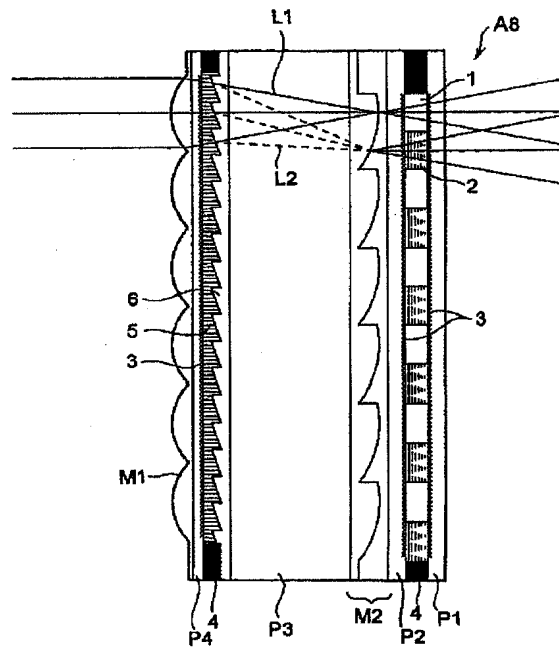
【図 6】



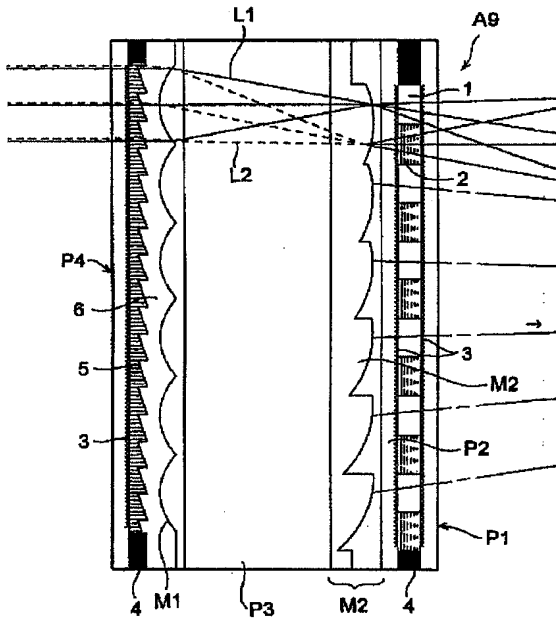
【図 7】



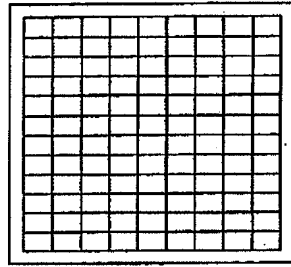
【図 8】



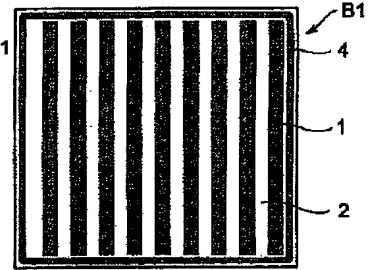
【図 9】



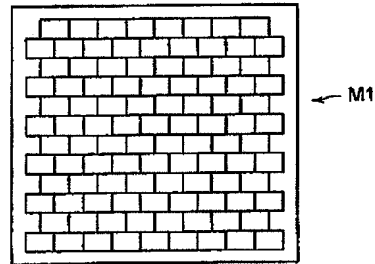
【図 10】



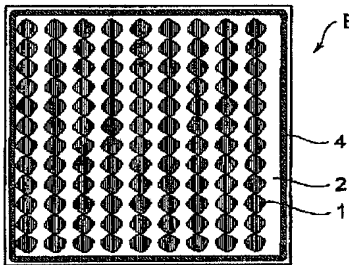
【図 11】



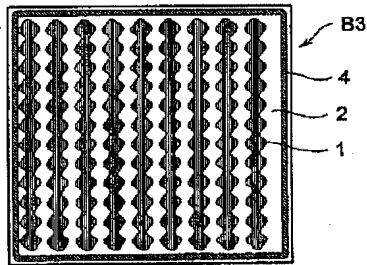
【図 14】



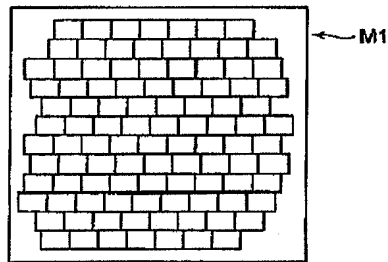
【図 12】



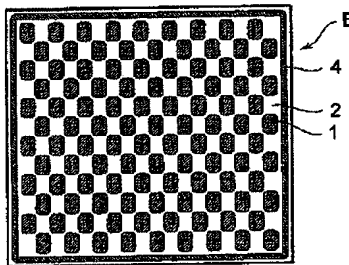
【図 13】



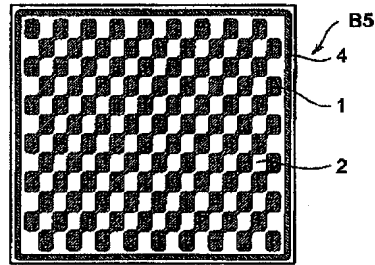
【図 17】



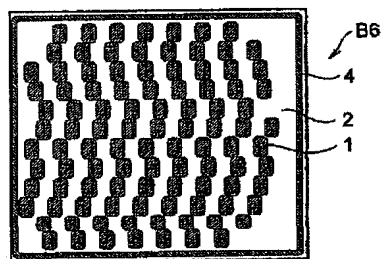
【図 15】



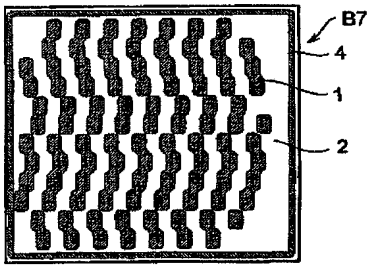
【図 16】



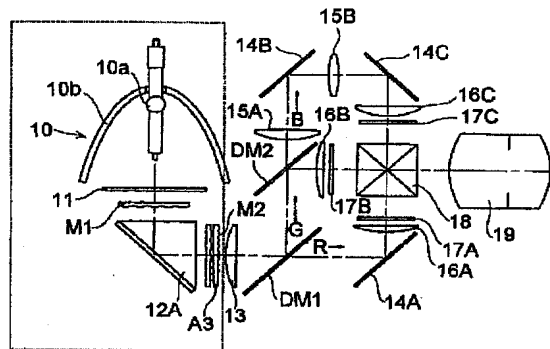
【図 18】



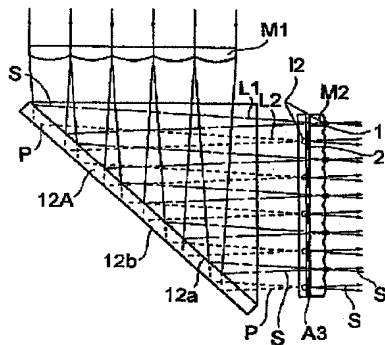
【図 19】



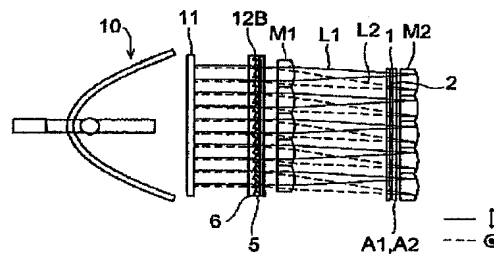
【図 20】



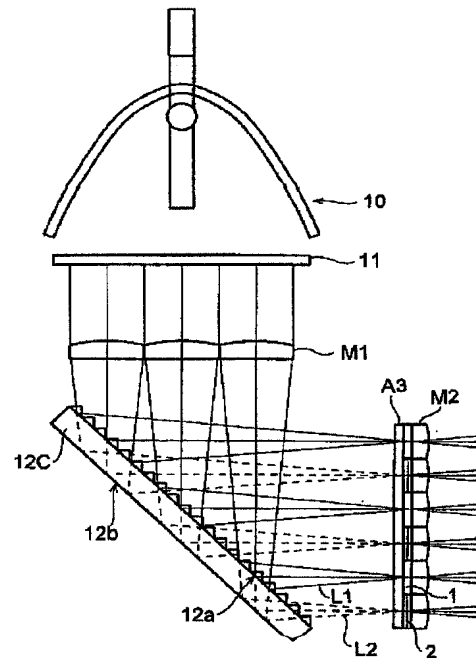
【図 21】



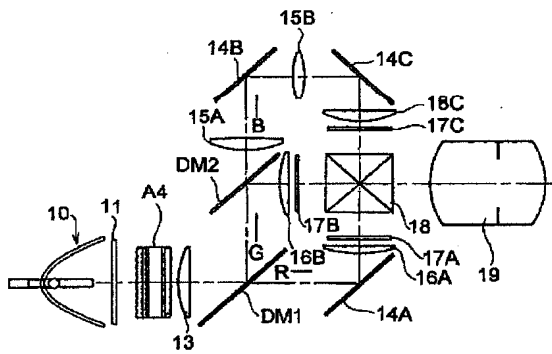
【図 22】



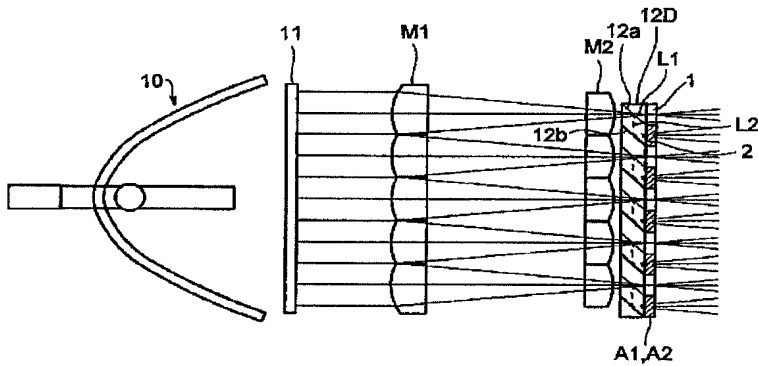
【図 24】



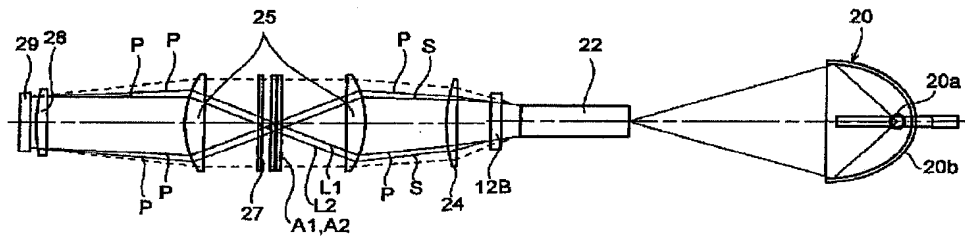
【図 23】



【図 25】



【図 26】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷

G 0 3 B 21/00

H 0 4 N 5/74

識別記号

F I

G 0 3 B 21/00

H 0 4 N 5/74

テーマコード (参考)

E

K

F ターム (参考) 2H049 AA03 AA13 AA40 AA43 AA55
 AA64 BA05 BA45 BA46 BA47
 BB03 BB62 BC02 BC06 BC22
 2H052 BA02 BA03 BA06 BA09 BA14
 2H088 EA15 EA47
 5C058 AB05 BA35 EA02 EA11 EA26

(11)Publication number : 2002-372626

(43)Date of publication of application : 26.12.2002

(51)Int.Cl.

G02B 5/30
G02B 3/00
G02B 5/18
G02B 19/00
G02F 1/13
G03B 21/00
H04N 5/74

(21)Application number : 2001-181134

(71)Applicant : MINOLTA CO LTD

(22)Date of filing : 15.06.2001

(72)Inventor : ISHIHARA ATSUSHI
SAWAI YASUMASA

(54) POLARIZATION CONVERTING ELEMENT AND DISPLAY DEVICE USING THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a low-cost polarization converting element which is easily manufactured, an illumination optical system with the high utilization factor of the light and a display device with a bright display picture.

SOLUTION: The polarization converting element is provided with a first region making first linearly polarized light (L1) incident thereon and a second region making second linearly polarized light (L2) with a state of polarization different from that of the first linearly polarized light (L1) incident thereon. The first region is composed of an optically isotropic transparent resin (1) and the second region is composed of a twisted nematic liquid crystal (2). In the first region, the state of polarization of the first linearly polarized light (L1) is not changed. In the second region, the state of polarization of the second linearly polarized light (L2) is changed into the same state of polarization as that of the first linearly polarized light (L1).

